

## PLASMA GENERATING POWER SOURCE DEVICE

Publication number: JP11288796

Publication date: 1999-10-19

Inventor: KUZUMOTO MASAKI; WADA NOBORU; TABATA YOICHIRO

Applicant: MITSUBISHI ELECTRIC CORP

Classification:

- international: H05H1/24; H02M9/06; H05H1/24; H02M9/00; (IPC1-7): H05H1/24; H02M9/06

- european:

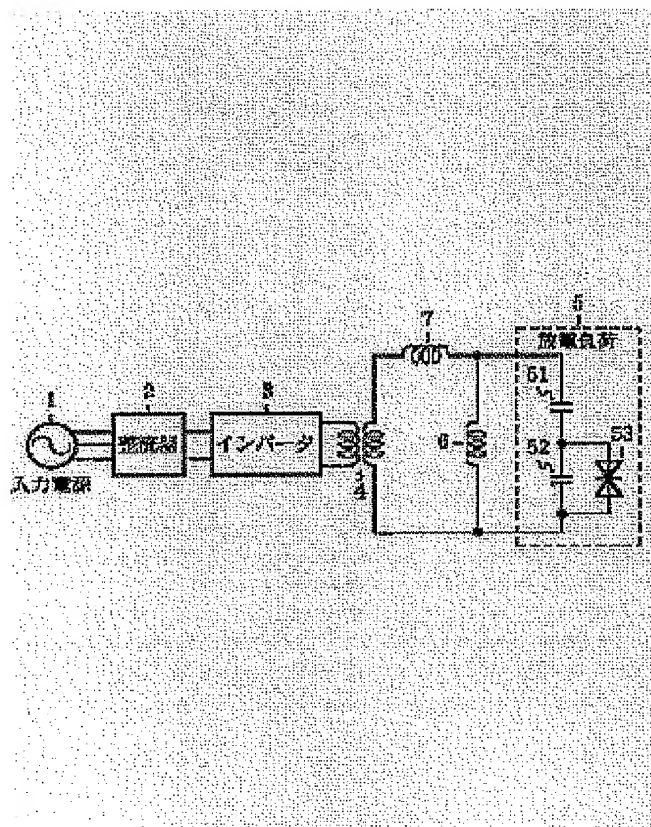
Application number: JP19980087288 19980331

Priority number(s): JP19980087288 19980331

[Report a data error here](#)

### Abstract of JP11288796

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a small-sized and inexpensive power source device with a high power factor by providing a parallel inductor and a serial inductor to a discharge load for exciting a gas by discharge to generate a plasma. **SOLUTION:** The commercial AC voltage of an input power source 1 is converted to DC by a rectifier 2, and further converted into an AC voltage of a regulated frequency by an inverter 3. This voltage is further raised to a voltage leading to a discharge start by a transformer 4 to apply a high voltage to a discharge load 5, a discharge is generated in the discharge load 5 to excite a gas particle. By connecting not only a parallel inductor 6 but also a serial inductor 7 to the discharge load 5, the improving degree of power factor is improved more than in the simple connection of the parallel inductor 6. When the inductances of both the inductors are values satisfying a prescribed expression, particularly, a power factor of about 90% can be provided by the resonance with the composed capacity of the discharge load 5.



Data supplied from the [esp@cenet](#) database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-288796

(43) 公開日 平成11年(1999)10月19日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

H 0 5 H 1/24

H 0 5 H 1/24

H 0 2 M 9/06

H 0 2 M 9/06

D

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平10-87288

(22) 出願日 平成10年(1998) 3 月31日

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号

(72) 発明者 葛本 昌樹

東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号 三

菱電機株式会社内

(72) 発明者 和田 昇

東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号 三

菱電機株式会社内

(72) 発明者 田畑 要一郎

東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号 三

菱電機株式会社内

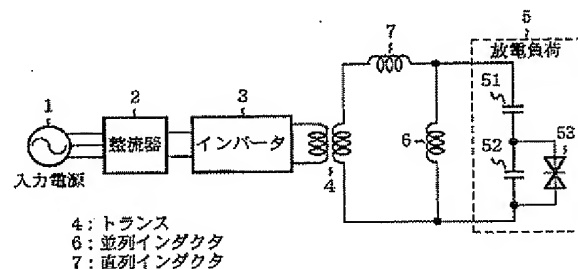
(74) 代理人 弁理士 田澤 博昭 (外 1 名)

(54) 【発明の名称】 プラズマ発生用電源装置

(57) 【要約】

【課題】 力率が高く、小型で安価な電源システムを提供する。

【解決手段】 放電負荷5に力率補償用の並列インダクタ6と力率補償用の直列インダクタ7を接続する。特に、放電負荷5の合成容量と共振するように並列インダクタ6、直列インダクタ7のインダクタンスを設定することにより、力率改善度合いを高く設計することができる。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 2つの電極間で等価的に誘電体静電容量とガス静電容量とを有し、放電してガスを励起し、プラズマを発生させる放電負荷に対し、トランスを介して交流電力を供給するプラズマ発生用電源装置において、前記放電負荷に対して並列に接続された並列インダクタと、前記放電負荷に対して直列に接続された直列インダクタとを備えたことを特徴とするプラズマ発生用電源装置。

【請求項2】 並列インダクタ及び直列インダクタをト

$$L_p = L_s = (C_1 + C_2) / (C_1 \times C_2 \times (2\pi f)^2)$$

但し、 $L_p$ ：並列インダクタのインダクタンス

$L_s$ ：直列インダクタのインダクタンス

$C_1$ ：誘電体静電容量の値

$C_2$ ：ガス静電容量の値

$f$ ：交流電力の周波数

【請求項5】 直列インダクタはトランスの漏れインダクタンスを利用したものであることを特徴とする請求項1から請求項4のうちのいずれか1項記載のプラズマ発

$$L_s = 1 / (C_1 (2\pi f)^2)$$

$$L_p = 1 / (C_2 (2\pi f)^2)$$

但し、 $L_s$ ：直列インダクタのインダクタンス

$L_p$ ：並列インダクタのインダクタンス

$C_1$ ：誘電体静電容量の値

$C_2$ ：ガス静電容量の値

$f$ ：交流電力の周波数

【請求項7】 並列インダクタと直列に接続され、非放電時にこの並列インダクタの回路を開閉し、放電時にこの並列インダクタの回路を開くスイッチング手段を備えたことを特徴とする請求項6記載のプラズマ発生用電源装置。

【請求項8】 放電負荷の負荷電圧を検出する電圧検出手段を備え、スイッチング手段は該電圧検出手段からの信号に基づいて前記並列インダクタの回路を開閉することを特徴とする請求項7記載のプラズマ発生用電源装置。

【請求項9】 放電負荷の負荷電流を検出する電流検出

$$L_p = 1 / (C_2 (2\pi f)^2)$$

$$L_s = 1 / (C_1 (2\pi f)^2)$$

但し、 $L_s$ ：直列インダクタのインダクタンス

$L_p$ ：並列インダクタのインダクタンス

$C_1$ ：誘電体静電容量の値

$C_2$ ：ガス静電容量の値

$f$ ：交流電力の周波数

【請求項12】 直列インダクタに過飽和リアクトルを使用したことを特徴とする請求項11記載のプラズマ発生用電源装置。

【請求項13】 過飽和リアクトルの飽和条件を放電開始条件に合わせたことを特徴とする請求項12記載のプラズマ発生用電源装置。

2

\* ランスの2次側に接続したことを特徴とする請求項1記載のプラズマ発生用電源装置。

【請求項3】 並列インダクタ及び直列インダクタをトランスの1次側に接続したことを特徴とする請求項1記載のプラズマ発生用電源装置。

【請求項4】 直列インダクタ及び並列インダクタは、式(1)を満足するインダクタンスを有していることを特徴とする請求項1から請求項3のうちのいずれか1項記載のプラズマ発生用電源装置。

$$\dots (1)$$

\* 生用電源装置。

【請求項6】 直列インダクタが式(2)を満足するインダクタンスを有し、並列インダクタは、当該インダクタンスが非放電時には式(3)の値を満足し、放電時には、式(3)の値未満に変化するように構成されたことを特徴とする請求項1から請求項5のうちのいずれか1項記載のプラズマ発生用電源装置。

$$\dots (2)$$

$$\dots (3)$$

★手段を備え、スイッチング手段は該電流検出手段によって検出された電流の変化に基づいて前記並列インダクタの回路を開閉することを特徴とする請求項7記載のプラズマ発生用電源装置。

【請求項10】 放電の発光を検出する光検出手段を備え、スイッチング手段は該光検出手段によって検出された光の変化に基づいて前記並列インダクタの回路を開閉することを特徴とする請求項7記載のプラズマ発生用電源装置。

【請求項11】 並列インダクタは式(4)を満足するインダクタンスを有し、直列インダクタは、当該インダクタンスが非放電時には式(5)の値を満足し、放電時には、式(5)の値未満に変化するように構成されたことを特徴とする請求項1から請求項5のうちのいずれか1項記載のプラズマ発生用電源装置。

$$\dots (4)$$

$$\dots (5)$$

【請求項14】 過飽和リアクトルのコアにフェライトもしくは鉄を用い、過飽和リアクトルが、当該過飽和リアクトルの両端電圧と電圧印加時間との積が放電開始条件に合わせて、設定された所定しきい値を超えたときに磁束が飽和するように構成されていることを特徴とする請求項13記載のプラズマ発生用電源装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、オゾン発生器、レーザ発振器などのプラズマ発生用電源装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来より、オゾン発生器、レーザ発振器などには、プラズマ発生用電源装置が用いられている。図16は、オゾナイザハンドブック(227頁、図2.63、コロナ社、昭和35年6月15日発行)に記載された従来のオゾン発生器用のプラズマ発生用電源装置の電源回路図である。この図16において、1は交流の入力電源、2は整流器、3はインバータ、4はトランス(変圧器)、5は電極を有する放電負荷、6は放電負荷5に対して並列に接続された力率改善用の並列インダクタである。

【0003】次に動作について説明する。入力電源1の商用の交流電圧は整流器2によって直流に変換され、さらにインバータ3によって規定の周波数の交流電圧に変換される。さらにトランス4により放電開始に至る電圧に昇圧され、放電負荷5に高電圧が印加される。この印加された高電圧により放電負荷5で放電が発生し、この放電によりガス粒子が励起される。ここで、放電電極間に誘電体を挿入した放電負荷を用いた場合、この放電負荷5は電気的にはコンデンサとして働き、電圧に対して電流の位相が進むことが知られている。このため皮相電力と有効電力との比である力率が低くなり、放電負荷5にエネルギーを投入するためには、必要以上の電流を流す必要がある。

【0004】従って、トランス4や入力電源1を構成する素子は大きな電流に耐えるオーバースペックのものを使用しなければならず、電源装置の大型化、コストの増大要因となる。並列インダクタ6は、放電負荷で電流が進む分を補償するために放電負荷5と並列に接続されたものである。並列インダクタ6は電圧に対し電流の位相を遅らす役目を果たす。放電負荷5での電流の進み分と並列インダクタ6による電流の遅れ分を等しく設定する\*

$$C=(C1 \times C2)/(C1+C2)$$

但し、C：合成容量の値

【0008】従来のオゾン発生器では、ガス静電容量52の容量値C2に比べて誘電体静電容量51の容量値C1が十分大きくなるように設計されているため、放電発生の有無によらず負荷容量は、常にほぼ値C1となり、共振条件を満たすインダクタンスの値は放電の有無に依存しなかった。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】従来のプラズマ発生用電源装置は以上のように放電負荷5に対して1種類のインダクタで放電負荷5の静電容量を補償するように構成されているので、たとえば放電ギャップ長を小さく設定した場合のように誘電体静電容量51の値C1に比較してガス静電容量52の値C2が無視できない程度に大きくなった場合には、放電発生の有無により放電負荷5の静電容量が大きく変化し、力率補償ができなくなり、必要以上の容量をもった電気素子を用いる必要が生じる。

\*と電流と電圧の位相が合致し、最も小さい電流で放電負荷5に効率的にエネルギーを注入することができる。このとき力率は100%となり、いわゆる共振状態となる。

【0005】従来のプラズマ発生用電源装置では、このように放電負荷5と並列に並列インダクタ6を接続することにより、力率を改善し、小容量で安価な電源素子を用い、小型で安価な電源装置を構成している。図16では、トランス4の2次側に並列インダクタ6を接続した場合について示したが、図17に示すようにトランス4の1次側に並列に並列インダクタ62を接続しても同様の効果がある。但し、この場合、耐圧の低い素子を使える反面、トランス4の力率は改善されないという欠点もある。図16に示すように2次側にインダクタを接続した場合には、トランス4を含むすべての力率が改善されるため、有効である。

【0006】次に図18はオゾン発生器など電極間に誘電体を介装した放電負荷5の詳細な等価回路である。この図18において、51は容量値C1を有する電極間の誘電体静電容量、52は容量値C2を有する放電空間のガス静電容量、53はプラズマのオン・オフに伴う非線形性を示すためのツェナーダイオードとしての特性を有するプラズマ負荷である。

【0007】このプラズマ負荷53の抵抗値は、放電電圧V\*未満では無限大となって非放電状態であることを示し、放電電圧V\*以上では、このプラズマ負荷53は導通状態となって放電状態であることを示す。このため放電開始前には、放電負荷5は誘電体静電容量51の値C1とガス静電容量52の値C2が直列に結合して式(6)によって表される値を有する容量性負荷となり、放電後は容量値C1単独の容量性負荷となる。

$$\dots (6)$$

しかし、このような大きな容量を有する電気素子を用いると電源装置が大きくなり、高価になってしまう。従来のプラズマ発生用電源装置には、このように解決しなければならない課題があった。

【0010】この発明は上記のような課題を解決するためになされたもので、放電空間のガスの静電容量が誘電体の静電容量に比べて無視できないような放電負荷に対しても、力率が高く、小型で安価なプラズマ発生用電源装置を得ることを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】この発明に係るプラズマ発生用電源装置は、2つの電極間で等価的に誘電体静電容量とガス静電容量とを有し、放電してガスを励起し、プラズマを発生させる放電負荷に対し、並列に接続された並列インダクタと、直列に接続された直列インダクタとを備えたものである。

【0012】この発明に係るプラズマ発生用電源装置

は、並列インダクタ及び直列インダクタをトランスの2次側に接続したものである。

【0013】この発明に係るプラズマ発生用電源装置は、並列インダクタ及び直列インダクタをトランスの1\*

$$L_p = L_s = (C_1 + C_2) / (C_1 \times C_2 \times (2\pi f)^2)$$

但し、 $L_p$ ：並列インダクタのインダクタンス

$L_s$ ：直列インダクタのインダクタンス

$C_1$ ：誘電体静電容量の値

$C_2$ ：ガス静電容量の値

$f$ ：交流電力の周波数

【0015】この発明に係るプラズマ発生用電源装置は、トランスの漏れインダクタンスを利用して直列イン\*

$$L_s = 1 / (C_1 (2\pi f)^2)$$

$$L_p = 1 / (C_2 (2\pi f)^2)$$

但し、 $L_s$ ：直列インダクタのインダクタンス

$L_p$ ：並列インダクタのインダクタンス

$C_1$ ：誘電体静電容量の値

$C_2$ ：ガス静電容量の値

$f$ ：交流電力の周波数

【0017】この発明に係るプラズマ発生用電源装置は、並列インダクタと直列に接続され、非放電時に回路を閉じ、放電時にこの並列インダクタの回路を開くスイッチング手段を備えたものである。

【0018】この発明に係るプラズマ発生用電源装置は、放電負荷の負荷電圧を検出する電圧検出手段を備え、スイッチング手段は該電圧検出手段からの信号に基づいて前記並列インダクタの回路を開閉するものである。

【0019】この発明に係るプラズマ発生用電源装置 ★

$$L_p = 1 / (C_2 (2\pi f)^2)$$

$$L_s = 1 / (C_1 (2\pi f)^2)$$

但し、 $L_s$ ：直列インダクタのインダクタンス

$L_p$ ：並列インダクタのインダクタンス

$C_1$ ：誘電体静電容量の値

$C_2$ ：ガス静電容量の値

$f$ ：交流電力の周波数

【0022】この発明に係るプラズマ発生用電源装置は、直列インダクタに過飽和リアクトルを使用したものである。

【0023】この発明に係るプラズマ発生用電源装置は、過飽和リアクトルの飽和条件を放電開始条件に合わせたものである。

【0024】この発明に係るプラズマ発生用電源装置は、過飽和リアクトルのコアにフェライトもしくは鉄を用い、当該過飽和リアクトルの両端電圧と電圧印加時間との積が放電開始条件に合わせて、設定された所定しきい値を超えたときに磁束が飽和するように過飽和リアクトルが構成されているものである。

【0025】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施の一形態を

\* 次側に接続したものである。

【0014】この発明に係るプラズマ発生用電源装置は、直列インダクタ及び並列インダクタが、式(1)を満足するインダクタンスを有しているものである。

$$\dots (1)$$

※ ダクタを構成したものである。

【0016】この発明に係るプラズマ発生用電源装置は、直列インダクタが式(2)を満足するインダクタンスを有し、並列インダクタは、当該インダクタンスが非放電時には式(3)の値を満足し、放電時には、式(3)の値未満に変化するように構成されたものである。

$$\dots (2)$$

$$\dots (3)$$

★は、放電負荷の負荷電流を検出する電流検出手段を備え、スイッチング手段は該電流検出手段によって検出された電流の変化に基づいて前記並列インダクタの回路を開閉するものである。

【0020】この発明に係るプラズマ発生用電源装置は、放電の発光を検出する光検出手段を備え、スイッチング手段は該光検出手段によって検出された光の変化に基づいて前記並列インダクタの回路を開閉するものである。

【0021】この発明に係るプラズマ発生用電源装置は、並列インダクタが式(4)を満足するインダクタンスを有し、直列インダクタのインダクタンスが非放電時には式(5)の値を満足し、放電時には、式(5)の値未満に変化するように直列インダクタが構成されたものである。

$$\dots (4)$$

$$\dots (5)$$

説明する。

実施の形態1、図1はこの発明の実施の形態1によるプラズマ発生用電源装置を示す回路図である。図1において、1は交流の入力電源、2は整流器、3はインバータ、4はトランス(変圧器)、5は電極を有する放電負荷、6は放電負荷5、トランス4の2次側巻線に対して並列に接続され、インダクタンス $L_p$ を有する力率改善用の並列インダクタ、7は放電負荷5、トランス4の2次側巻線に対して直列に接続され、インダクタンス $L_s$ を有する力率補償用の直列インダクタである。

【0026】このプラズマ発生用電源装置は、例えばオゾン発生器用電源に適用される。但し、これに限られるものではなく、誘電体を介した放電を用いる装置であれば、例えばレーザ、プラズマディスプレイパネル、ランプなど、放電を用いた粒子励起装置にも同じように用いることができる。以下の実施の形態についても同様である。

【0027】また、51は容量値 $C_1$ を有する電極間の誘電体静電容量、52は容量値 $C_2$ を有する放電空間の

ガス静電容量、53はプラズマのオン・オフに伴う非線形性のツェナーダイオードとしての特性を有するプラズマ負荷である。実施の形態1は、直列インダクタ7を備えている点で図16に示す従来の構成と異なっている。

【0028】次に動作について説明する。入力電源1の商用の交流電圧は整流器2によって直流に変換され、さらにインバータ3によって規定の周波数の交流電圧に変換される。さらにトランス4により放電開始に至る電圧に昇圧され、放電負荷5に高電圧が印加される。この印加された高電圧により放電負荷5で放電が発生し、この\*

$$L_p = L_s = (C_1 + C_2) / (C_1 \times C_2 \times (2\pi f)^2)$$

但し、 $L_p$ ：並列インダクタ6のインダクタンス

$L_s$ ：直列インダクタ7のインダクタンス

$f$ ：インバータ3の出力周波数（交流電力の周波数、以下、同じ）

【0031】以上のように、この実施の形態1によれば、放電負荷5に対して並列に力率補償用の並列インダクタ6を、直列に力率補償用の直列インダクタ7を接続したので、並列インダクタ6を単独に接続した場合よりも、放電負荷5の変化に対して安定的に力率を改善することができる。特に、式(7)を満足する値を有し、放電負荷5の合成容量と共振する2つのインダクタを用いることにより、力率改善度合いを高く設計することができるという効果が得られる。

【0032】実施の形態2。図2はこの発明の実施の形\*

$$L_{p1} = L_{s1} = (C_1 + C_2) / (C_1 \times C_2 \times (2\pi f)^2) / m^2$$

但し、 $m$ ：トランス4の巻数比（以下、同じ）

【0034】以上のように、この実施の形態2によれば、トランスの1次側に直列と並列の力率改善用インダクタを配置することにより、耐電圧の低い素子を用いることができるという効果が得られる。

【0035】実施の形態3。図3はこの発明の実施の形態3によるプラズマ発生用電源装置を示す回路図である。図3に示すように、実施の形態3では放電負荷5、トランス4の2次側巻線に対して直列に直列インダクタ7を、トランス4の1次側巻線と並列に並列インダクタ61を接続している。尚、実施の形態1と同一要素については同一符号を付して説明を省略する。

【0036】次に動作について説明する。この図3に示すように、トランス4の1次側巻線と並列に接続された並列インダクタ61のインダクタンスの値をトランス4の巻数比で変換すれば、実施の形態1と同じLC直並列回路となる。また、共振回路にするためには、並列インダクタ61のインダクタンスの値を式(8)を満足する値に設定する。

【0037】以上のように、この実施の形態3によれば、トランスの1次側と2次側に直並列に、それぞれ並列インダクタ61、直列インダクタ7を接続しても実施の形態1とほぼ同様の効果が得られる。尚、図示しないがトランス4の1次側巻線に直列インダクタ71を、2

\*放電によりガス粒子が励起される。

【0029】図1において、放電負荷5に対して並列インダクタ6だけでなく、直列インダクタ7を接続することにより、並列インダクタ6を単独に接続した場合に比較して、皮相電力と有効電力との比である力率の改善度合いが向上する。

【0030】特に並列インダクタ6、直列インダクタ7のインダクタンスが式(7)をほぼ満足する値である場合、放電負荷5の合成容量と共振し、90%程度の力率が得られることが判明した。

$$\dots (7)$$

※態2によるプラズマ発生用電源装置を示す回路図である。図2において、61はトランス4の1次側巻線と並列に接続され、インダクタンス $L_{p1}$ を有する並列インダクタ、71はトランス4の1次側巻線と直列に接続され、インダクタンス $L_{s2}$ を有する直列インダクタである。尚、実施の形態1と同一要素については同一符号を付して説明を省略する。

【0033】次に動作について説明する。トランス4の1次側巻線と直列に直列インダクタ71を、並列に並列インダクタ61を接続しても、実施の形態1とほぼ同様の効果が得られる。この場合、トランス4を介することになるので、インダクタンスの値を式(3)によって表される値にすることによって放電負荷5の合成容量と共振し、インダクタンスの値としては最適となる。

$$\dots (8)$$

次側巻線に並列インダクタ6を接続しても同様の効果を奏することはいうまでもない。

【0038】実施の形態4。図4はこの発明の実施の形態4によるプラズマ発生用電源装置を示す回路図である。図4において、72は放電負荷5、トランス4の2次側巻線に対して等価的に直列接続されたトランス漏れインダクタンスである。尚、実施の形態1と同一要素については同一符号を付して説明を省略する。

【0039】次に動作について説明する。実施の形態1では、トランス4の2次側巻線と直列に直列インダクタ7を接続するようにしたが、この直列インダクタ7の代わりにもちろんトランス漏れインダクタンス72を用いるようにしても同じように作用する。この場合、トランス4の1次側で力率を改善するには、トランス漏れインダクタンス72のインダクタンスを $L_r$ として、 $L_{s1} = L_r$ とすれば良く、トランス4の2次側で力率を改善するには、トランス4の巻数比 $m$ に対して、 $L_{s1} = m^2 L_r$ とすれば良い。

【0040】尚、トランス4の既存の漏れインダクタンスを利用してもよいが、図5に示すようにトランス4のコア41に隙間 $\delta$ を設けて漏れインダクタンス $L_r$ を形成してもよい。この図5において、42はトランス4の巻線である。

【0041】以上のように、この実施の形態4によれば



ば、漏れインダクタンス $L_r$ を利用するようにしたので、この漏れインダクタンスが実施の形態1の直列インダクタ7と同じ役割をすることになり、新たに直列にインダクタを接続する必要がないので、安価な装置を提供することができる。また、トランス4のコア41に隙間 $\delta$ を設けることにより、漏れインダクタンス $L_r$ を設定することができる。

【0042】実施の形態5. 図6はこの発明の実施の形態5によるプラズマ発生用電源装置を示す回路図である。図6において、並列インダクタ6は、そのインダク

$$L_s = 1 / (C1(2\pi f)^2)$$

$$L_p = 1 / (C2(2\pi f)^2)$$

インダクタンス $L_p$ を非放電時に式(10)を満足するような値に設定し、放電時には、 $L_p = \infty$ となるように設定することが望ましい。

【0044】以上のように、この実施の形態5によれば、放電負荷5の放電に合わせて並列インダクタ6のインダクタンス $L_p$ を可変するようにしたので、放電負荷5の放電に関わらず常に力率を改善することができ、放電電力によらず高い力率を得ることができるという効果が得られる。

【0045】実施の形態6. 図7はこの発明の実施の形態6によるプラズマ発生用電源装置を示す回路図である。図7において、8は並列インダクタ6と直列に接続されたスイッチング素子(スイッチング手段)である。尚、実施の形態1と同一要素については同一符号を付して説明を省略する。

【0046】次に動作について説明する。実施の形態6は、実施の形態5をさらに具体的に実現したものであり、放電開始前はスイッチング素子8を導通状態に、放電時には遮断状態に制御する。

【0047】以上のように、この実施の形態6によれば、並列インダクタ6にスイッチング素子8を直列に配置し、放電発生の有無に従ってスイッチング素子8をオン、オフ制御するようにしたので、放電負荷5の放電発生の有無に係わらず常に高い力率を得ることができる。

【0048】実施の形態7. 図8はこの発明の実施の形態7によるプラズマ発生用電源装置を示す回路図である。図8において、91は放電負荷5の電圧を計測する電圧検出素子(電圧検出手段)である。尚、実施の形態1と同一要素については同一符号を付して説明を省略する。

【0049】次に動作について説明する。放電負荷5の電圧を計測することにより放電発生の有無を検出することができる。そして、電圧検出素子91により検出された放電負荷5の電圧が所定の放電電圧より低ければスイッチング素子8を導通状態に、この放電電圧よりも高ければスイッチング素子8を遮断状態に制御する。

【0050】以上のように、この実施の形態7によれ

\* タンス $L_p$ が可変するように構成されている。

【0043】次に動作について説明する。放電負荷5は放電することにより、その容量が変化する。これに合わせて並列インダクタ6のインダクタンス $L_p$ も可変する。さらに完全に力率を補償するためには、直列インダクタ7のインダクタンス $L_s$ 、並列インダクタ6のインダクタンス $L_p$ をそれぞれ式(9)、式(10)を満足する値に設定することにより、放電のオン、オフに同期してインダクタンス $L_p$ の等価的な値を変化させれば有効である。

$$\dots (9)$$

$$\dots (10)$$

ば、電圧検出素子91で放電負荷5の電圧を計測することにより放電発生の有無を正確に検出することができるので、スイッチング素子8に正確な制御信号を送ることができ、精度よく力率を改善することができるという効果が得られる。

【0051】実施の形態8. 図9はこの発明の実施の形態8によるプラズマ発生用電源装置を示す回路図である。図9において、92は放電負荷5への電流を検出する電流検出素子(電流検出手段)である。尚、実施の形態1と同一要素については同一符号を付して説明を省略する。

【0052】次に動作について説明する。放電負荷5の電流の変化を計測することにより放電発生の有無を検出することができる。そして、実施の形態7と同様に、電流検出素子92により所定値以上の電流変化が検出されたときは放電発生と判断し、スイッチング素子8を導通状態に、また所定値未満のときはスイッチング素子8を遮断状態に制御する。

【0053】以上のように、この実施の形態8によれば、電流検出素子92で放電負荷5の電流の変化を検出することにより放電発生の有無を正確に検出することができるので、スイッチング素子8に正確な制御信号を送ることができ、精度よく力率を改善することができるという効果が得られる。

【0054】実施の形態9. 図10はこの発明の実施の形態9によるプラズマ発生用電源装置を示す回路図である。図10において、93は放電負荷5の放電による発光を検出する光検出素子(光検出手段)である。尚、実施の形態1と同一要素については同一符号を付して説明を省略する。

【0055】次に動作について説明する。放電による発光を検出することにより放電発生の有無を確認できる。そして、実施の形態7、実施の形態8と同様に、光検出素子93により放電による発光が検出されたときは、スイッチング素子8を導通状態に制御する。

【0056】以上のように、この実施の形態9によれば、光検出素子93で放電による発光を検出することに

より放電発生の有無を正確に検出することができるので、スイッチング素子8に正確な制御信号を送ることができ、精度よく力率を改善することができるという効果が得られる。

【0057】実施の形態10、図11はこの発明の実施の形態10によるプラズマ発生用電源装置を示す回路図である。この実施の形態10は、実施の形態6と同じように並列インダクタ6と直列にスイッチング素子8を接続し、実施の形態4と同じように直列インダクタ7としてトランス漏れインダクタンス72を利用するように構成したものである。

【0058】次に動作について説明する。実施の形態4と同じようにトランス漏れインダクタンス72が直列インダクタ7と同じように作用し、スイッチング素子8を放電に合わせてオン・オフする。尚、トランス4の1次側で力率を改善するには、 $Ls1 = Lr$ とすれば良く、トランス4の2次側で力率を改善するには、トランス4の巻数比 $m$ に対して、 $Ls = m^2 Lr$ とすれば良く、図5に示すようにトランス4のコア41に隙間 $\delta$ を設けて\*

$$Ls2 = 1 / (C1(2\pi f)^2) / m^2$$

$$Lp2 = 1 / (C2(2\pi f)^2) / m^2$$

但し、 $Ls2$ : 直列インダクタ71のインダクタンス

$Lp2$ : 並列インダクタ61のインダクタンス

【0062】以上のように、この実施の形態11によれば、並列インダクタ61、直列インダクタ71、スイッチング素子8をトランス4の1次側に配置しても実施の形態1、6と同様の効果を得ることができ、しかも実施の形態2と同様に耐電圧の低い素子を用いることもできる。

【0063】実施の形態12、図13はこの発明の実施の形態12によるプラズマ発生用電源装置を示す回路図である。図13において、73は放電負荷5、トランス4の2次側巻線に対して直列に接続されてインダクタンスが可変する直列インダクタである。尚、実施の形態1※

$$Lp3 = 1 / (C1(2\pi f)^2)$$

$$Ls3 = 1 / (C2(2\pi f)^2)$$

但し、 $Ls3$ : 直列インダクタ73のインダクタンス

$Lp3$ : 並列インダクタ61のインダクタンス

理想的には、非放電時に式(14)を満足し、放電時には、 $Ls3 = 0$ となることが望ましい。

【0065】以上のように、この実施の形態12によれば、放電負荷5に対して直列インダクタ73の容量を変化するようにしたので、放電電力によらず高い力率を得ることができるという効果を得ることができる。

【0066】実施の形態13、図14はこの発明の実施の形態13によるプラズマ発生用電源装置を示す回路図であり、この実施の形態13は、直列インダクタを過飽和リアクトルとして構成したものである。図14において、74は放電負荷5、トランス4の2次側巻線に対して直列に接続された過飽和リアクトルとしての過飽和イ

\*漏れインダクタンス $Lr$ を形成することもできる。

【0059】以上のように、この実施の形態10によれば、スイッチング素子8を備え、さらにトランス漏れインダクタンス72を利用することにより、実施の形態4、6と同様の効果を得ることができる。

【0060】実施の形態11、図12はこの発明の実施の形態11によるプラズマ発生用電源装置を示す回路図である。図12に示すように、並列インダクタ61と直列インダクタ71とはトランス4の1次側に配置され、スイッチング素子8が並列インダクタ61と直列に接続されている。尚、実施の形態1と同一要素については同一符号を付して説明を省略する。

【0061】次に動作について説明する。実施の形態2と同様に、力率改善用の直列インダクタ、並列インダクタをトランス4の2次側に設置する必要はない。この場合においても、並列インダクタ61、直列インダクタ71には、それぞれ式(11)、式(12)で表されるインダクタンスに設定することにより共振回路を構成することができる。

$$\dots (11)$$

$$\dots (12)$$

※と同一要素については同一符号を付して説明を省略する。

【0064】次に動作について説明する。実施の形態5において説明したように放電負荷5は放電することにより、その容量が変化する。実施の形態5では、これに合わせて並列インダクタ6のインダクタンス $Lp$ を可変するようにしたが、実施の形態12では、直列インダクタ73のインダクタンスを可変するようにする。また、並列インダクタ61、直列インダクタ73にそれぞれ式(13)、式(14)に表されたインダクタンスをほぼ満足するようにして、放電のオン、オフに同期して直列インダクタ73の等価的な値を変化させる方法も有効である。

$$\dots (13)$$

$$\dots (14)$$

ンダクタである。この過飽和インダクタ74のコアをフェライトもしくは鉄等によって構成する。また、この過飽和インダクタ74の磁束の飽和条件を放電の開始条件と一致させるようにしておく。即ち、図15に示すように、過飽和インダクタ74の磁束が飽和する電圧時間積 $Vt$ のしきい値 $Vt0$ を、放電開始と一致するように設定しておく。尚、実施の形態1と同一要素については同一符号を付して説明を省略する。

【0067】次に動作について説明する。図15に示すように、過飽和インダクタ74の両端の電圧 $v$ と時間 $t$ の積がしきい値 $Vt0$ 以下であるときは、過飽和インダクタ74の磁束は非飽和となる。非飽和状態でのインダクタンスは式(11)によって表される。過飽和インダクタ74の磁束の飽和条件を放電の開始条件と一致して



いるので、放電負荷 5 の放電が開始すると過飽和インダクタ 7 4 の両端の電圧  $v$  と時間  $t$  の積がしきい値  $V t_0$  を超え、過飽和インダクタ 7 4 の磁束が飽和する。飽和状態では過飽和インダクタ 7 4 のインダクタンスが変化して  $L_s 3 \approx 0$  となる。

【0068】以上のように、この実施の形態 13 によれば、過飽和リアクトルを用いてインダクタンスを変化させることができ、スイッチング素子 8 を設ける必要がなくなり、安価な電源システムを供給できるといった効果が得られる。また、放電の開始条件と磁束の飽和条件が一致しているため、放電が開始すると、電圧と時間の積で自然に磁束が飽和し、効率の高い電源システムを供給できる。

【0069】

【発明の効果】以上のように、この発明によれば、放電負荷に対して並列に接続された並列インダクタと、前記放電負荷に対して直列に接続された直列インダクタとを備えて構成したので、並列インダクタ単独の場合よりも、放電負荷の変化に対して安定な力率改善が可能になり、誘電体の静電容量に対してガスの静電容量が無視できないような装置においても、力率を高くすることができ、小型で安価な電源装置を得ることができるといった効果を得ることができる。

【0070】この発明によれば、並列インダクタ及び直列インダクタをトランスの 2 次側に接続するように構成したので、トランスの 2 次側に配置された放電負荷との間で直接作用し、力率を向上させることができる効果がある。

【0071】この発明によれば、並列インダクタ及び直列インダクタをトランスの 1 次側に接続したように構成したので、耐電圧の低い素子を用いることができる効果がある。

【0072】この発明によれば、直列インダクタ及び並列インダクタは、式 (1) を満足するインダクタンスを有し、放電負荷の合成容量と共振するように構成したので、力率の改善度合いを高く設計することができる効果がある。

【0073】この発明によれば、直列インダクタはトランスの漏れインダクタンスを利用するように構成したので、新たに直列にインダクタを入れる必要がなく、安価な装置を提供することができる効果がある。

【0074】この発明によれば、直列インダクタ式

(2) を満足するインダクタンスを有し、並列インダクタは、当該インダクタンスが非放電時には式 (3) の値を満足し、放電時には、式 (3) の値未満に変化するように構成したので、放電電力によらず高い力率を得ることができる効果がある。

【0075】この発明によれば、並列インダクタと直列に接続され、非放電時にこの並列インダクタの回路を開

に構成したので、放電発生の有無に係わらず常に高い力率を得ることができる効果がある。

【0076】この発明によれば、放電負荷の負荷電圧を検出する電圧検出手段を備え、スイッチング手段は該電圧検出手段からの信号に基づいて前記並列インダクタの回路を開閉するように構成したので、放電発生の有無を正確に検出することができる。従って、スイッチング手段に正確な制御信号を送ることができ、精度よく力率を改善することができるといった効果が得られる。

【0077】この発明によれば、放電負荷の負荷電流を検出する電流検出手段を備え、スイッチング手段は該電流検出手段によって検出された電流の変化に基づいて前記並列インダクタの回路を開閉するように構成したので、放電発生の有無を正確に検出してスイッチング手段に正確な制御信号を送ることができ、精度よく力率を改善することができるといった効果が得られる。

【0078】この発明によれば、放電の発光を検出する光検出手段を備え、スイッチング手段は該光検出手段によって検出された光の変化に基づいて前記並列インダクタの回路を開閉するように構成したので、放電発生の有無を正確に検出してスイッチング手段に正確な制御信号を送ることができ、精度よく力率を改善することができるといった効果が得られる。

【0079】この発明によれば、並列インダクタは式 (4) を満足するインダクタンスを有し、直列インダクタは、当該インダクタンスが非放電時には式 (5) の値を満足し、放電時には、式 (5) の値未満に変化するように構成したので、放電電力によらず高い力率を得ることができる効果がある。

【0080】この発明によれば、直列インダクタに過飽和リアクトルを使用するように構成したので、安価な電源装置を供給することができる効果がある。

【0081】この発明によれば、過飽和リアクトルの飽和条件を放電開始条件に合わせるように構成したので、効率の高い電源システムを供給することができる効果がある。

【0082】この発明によれば、過飽和リアクトルのコアにフェライトもしくは鉄を用い、当該過飽和リアクトルの両端電圧と電圧印加時間との積が放電開始条件に合わせて、設定された所定しきい値を超えたときに磁束が飽和するように過飽和リアクトルが構成されているので、電圧と時間の積で自然に磁束が飽和し、スイッチング手段を用いなくてもインダクタンスを変化させることができ、安価な電源システムを供給できる効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 この発明の実施の形態 1 によるプラズマ発生用電源装置を示す回路図である。

【図 2】 この発明の実施の形態 2 によるプラズマ発生用電源装置を示す回路図である。

【図 3】 この発明の実施の形態 3 によるプラズマ発生

用電源装置を示す回路図である。

【図4】 この発明の実施の形態4によるプラズマ発生用電源装置を示す回路図である。

【図5】 図4のトランスを示す模式図である。

【図6】 この発明の実施の形態5によるプラズマ発生用電源装置を示す回路図である。

【図7】 この発明の実施の形態6によるプラズマ発生用電源装置を示す回路図である。

【図8】 この発明の実施の形態7によるプラズマ発生用電源装置を示す回路図である。

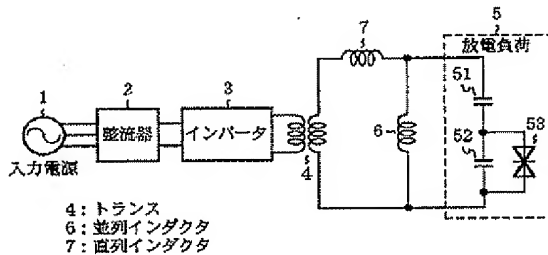
【図9】 この発明の実施の形態8によるプラズマ発生用電源装置を示す回路図である。

【図10】 この発明の実施の形態9によるプラズマ発生用電源装置を示す回路図である。

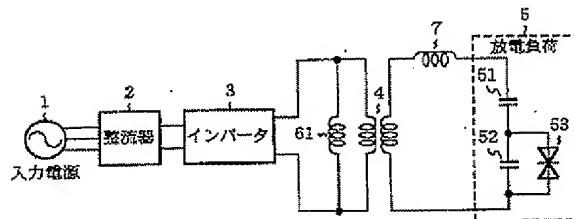
【図11】 この発明の実施の形態10によるプラズマ発生用電源装置を示す回路図である。

【図12】 この発明の実施の形態11によるプラズマ発生用電源装置を示す電源回路図である。 \*

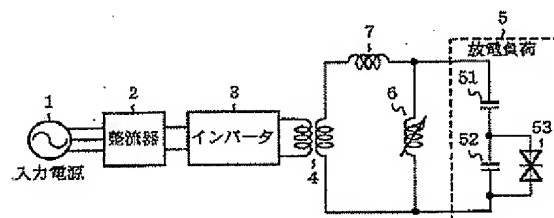
【図1】



【図3】



【図6】



\*【図13】 この発明の実施の形態12によるプラズマ発生用電源装置を示す回路図である。

【図14】 この発明の実施の形態13によるプラズマ発生用電源装置を示す回路図である。

【図15】 図14の過飽和インダクタの磁束の非飽和、飽和状態を示す説明図である。

【図16】 従来のプラズマ発生用電源装置を示す回路図である。

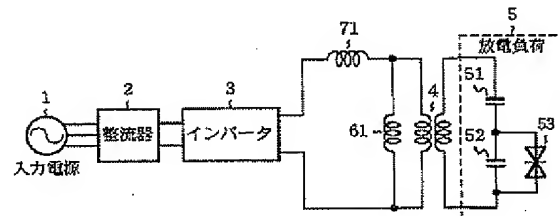
【図17】 従来の別のプラズマ発生用電源装置を示す回路図である。

【図18】 放電負荷の等価回路を示す図である。

【符号の説明】

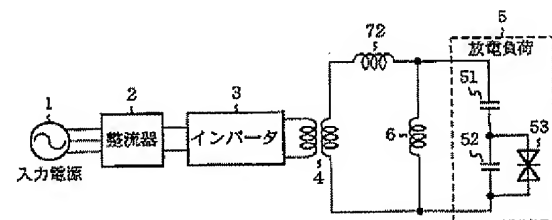
4 トランス、5 放電負荷、6, 61 並列インダクタ、7, 71, 73 直列インダクタ、8 スイッチング素子（スイッチング手段）、74 過飽和インダクタ（過飽和リアクトル）、91 電圧検出素子（電圧検出手段）、92 電流検出素子（電流検出手段）、93 光検出素子（光検出手段）。

【図2】

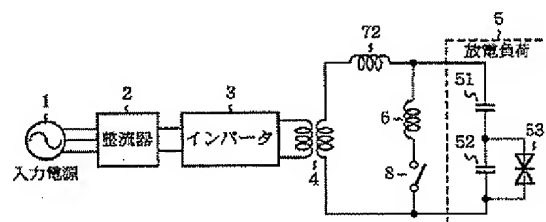


71: 直列インダクタ

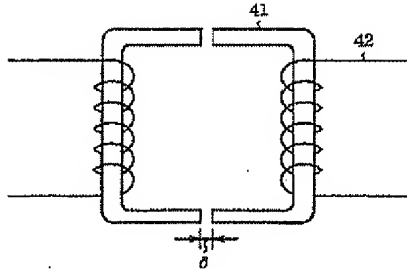
【図4】



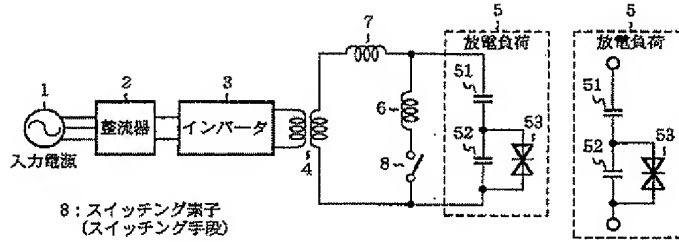
【図11】



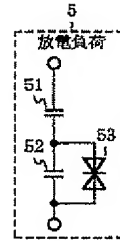
【図5】



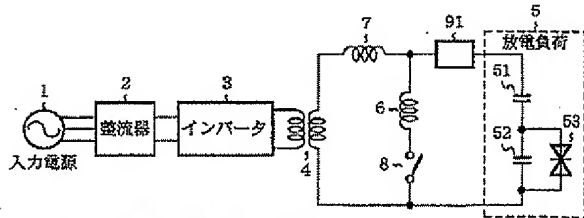
【図7】



【図18】

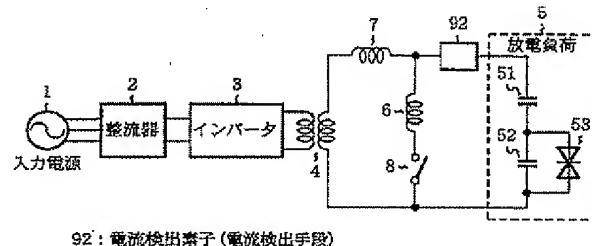


【図8】



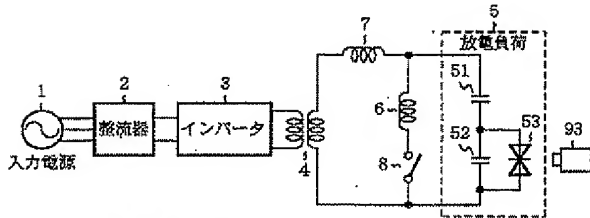
91: 電圧検出素子 (電圧検出手段)

【図9】



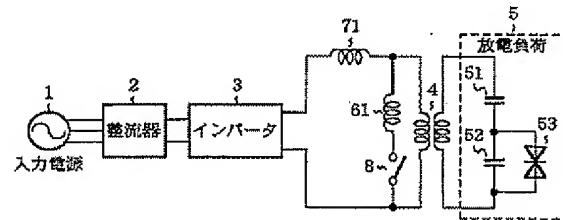
92: 電流検出素子 (電流検出手段)

【図10】

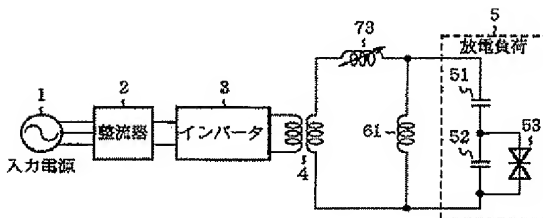


93: 光検出素子 (光検出手段)

【図12】

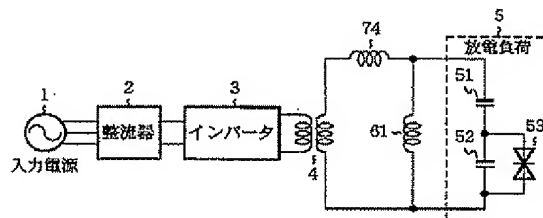


【図13】



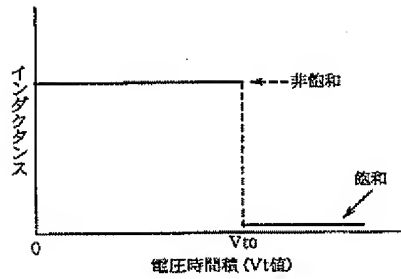
73: 直列インダクタ

【図14】

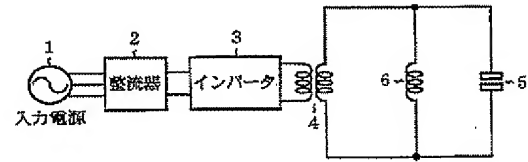


74: 過飽和インダクタ (過飽和リアクトル)

【図15】



【図16】



【図17】

